



DEUTSCHES  
PATENTAMT

① Übersetzung der  
**europäischen Patentschrift**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**F 04 B 49/00**

⑧7 EP 0 474 720 B1

⑩ **DE 690 04 800 T 2**

②1	Deutsches Aktenzeichen:	690 04 800.9
⑧6	PCT-Aktenzeichen:	PCT/GB90/00899
⑧6	Europäisches Aktenzeichen:	90 908 591.2
⑧7	PCT-Veröffentlichungs-Nr.:	WO 90/15249
⑧6	PCT-Anmeldetag:	11. 6. 90
⑧7	Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung:	13. 12. 90
⑧7	Erstveröffentlichung durch das EPA:	18. 3. 92
⑧7	Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA:	24. 11. 93
④7	Veröffentlichungstag im Patentblatt:	5. 5. 94

DE 690 04 800 T 2

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1

09.06.89 GB 8913343

⑦3 Patentinhaber:

Er Fluid Developments Ltd., Brough Bradwell,  
Sheffield, GB

⑦4 Vertreter:

Andrejewski, W., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Honke, M.,  
Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Masch, K., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.;  
Albrecht, R., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anwälte, 45127  
Essen

⑧4 Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT

⑦2 Erfinder:

STANGROOM, James, Edward, Brough Bradwell  
Sheffield S30 2HG, GB

⑤4 REGELBARE VERDRÄNGERPUMPE.

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 690 04 800 T 2

### Beschreibung

Die Erfindung behandelt regelbare Verdrängerpumpen, welche eingesetzt werden, um hydraulische Systeme anzutreiben  
5 und zu steuern.

In einem einfachen hydraulischen System zieht eine Pumpe Hydraulikflüssigkeit bzw. Öl von einem Niederdruckreservoir an und fördert das Öl bei hohem Druck zu einem Verbraucher,  
10 wie einem Preßstempel. Die einzigen Verluste in diesem System ergeben sich durch Leckage usw., in der Pumpe und dem Preßstempel und durch Viskositätsverluste in den Rohren, wohingegen die Preßstempelgeschwindigkeit direkt von der Pumpengeschwindigkeit abhängt.

15 Da die von den Verbrauchern vorgegebenen Hydraulikflüssigkeitsvolumina regelmäßig variabel sein müssen, besteht ein bekannter Weg der Steuerung eines solchen Systems darin, einen steuerbaren Bypaß zu benutzen, welcher einen Teil  
20 des Pumpenausstoßes zu dem Reservoir, ohne Durchfluß durch den Preßstempel, zurückführt. Die Geschwindigkeit dieses Rückflusses kann einfach von null bis zur Maximalgeschwindigkeit variiert werden, entsprechend einem völlig geöffneten oder einem völlig geschlossenen Bypaß. Dies ist jedoch  
25 sehr energieverschwendend. Bei einer zweiten Art der Steuerung befindet sich ein Serienventil in dem Hochdruckzufluß, wobei dies allerdings genauso ineffizient ist. Denn das Ventil erhöht den Pumpendruck über den tatsächlich gebrauchten Druck, so daß Energie verschwendet wird. Bei höheren

Drucken sind Leckagen innerhalb der Pumpe mehr zu beachten, welche wie ein Bypaß wirken und die Pumpengeschwindigkeit steuern.

- 5 Obwohl die Geschwindigkeit des einfachen Systems durch Verändern der Geschwindigkeit des Pumpenantriebes gesteuert werden kann, ist dies gewöhnlich unpraktisch, da der Pumpenantrieb entweder ein elektrischer Konstantgeschwindigkeits-Motor oder eine Maschine mit einem begrenzten Geschwindigkeitsbereich ist. Sogar wenn die Geschwindigkeit verändert  
10 werden könnte, ist die erreichbare Steuerung sehr langsam.

- Dieses Problem ist in bekannter Weise durch verschiedene Ausführungsformen von regelbaren Verdrängerpumpen gelöst  
15 worden. Im allgemeinen handelt es sich hier um Kolbenpumpen, bei denen der Kolbenhub variabel wählbar durch eine Taumelscheibe oder einen Exzenter ist, so daß die Ölfördermenge pro Hub variiert. Der Pumpenausstoß kann demzufolge unabhängig von der Geschwindigkeit des Primär-Antriebes ver-  
20 ändert werden. Im Gegensatz zu den vorgenannten Systemen treten keine Verluste durch einen Bypaß oder durch Drosselventile auf.

- Die bekannten regelbaren Verdrängerpumpen sind betriebs-  
25 sicher und effizient. Jedoch benötigen alle Verdrängerpumpen hohe Kräfte, um die Taumelscheibe oder den Exzenter zu verstellen, wobei regelmäßig ein hydraulischer Hilfsantrieb zu diesem Zweck vorgesehen sein muß. Dies erhöht die Kom-

plexität und die Kosten der Verdrängerpumpe. Weiter ist das Ansprechverhalten der Verdrängerpumpe relativ langsam, da es offensichtlich unerwünscht ist, einen großen Teil der Energie zur Steuerung der Verdrängerpumpe selbst einzusetzen. Eine Steuerung durch elektrische Signale erfordert  
 5 eine weitere Stufe, wie z. B. elektromagnetische Ventile. Diese Mängel haben den Nutzbereich von regelbaren Verdrängerpumpen stark beschränkt.

- 10 Nach der vorliegenden Erfindung wird eine regelbare Verdrängerpumpe mit einem hin- und herbeweglichen Kolben in einem Zylinder, mit einem verstellbaren Einlaßventil, welches zur Kontrolle des Zuflusses von Niederdruck-Hydraulikflüssigkeit in den Hubraumbereich von Kolben und Zylinder einge-  
 15 richtet ist, und mit einem verstellbaren Auslaßventil, welches zur Kontrolle des Abflusses von Hochdruck-Hydraulikflüssigkeit aus dem Hubraumbereich von Kolben und Zylinder eingerichtet ist, geschaffen, welche dadurch gekennzeichnet ist, daß eine ER(Elektro-Rheologische)-Flüssigkeits-Vor-  
 20 richtung die Position des Einlaßventils so steuert, daß das Volumen der durch die Verdrängerpumpe geförderten Hydraulikflüssigkeit in Übereinstimmung mit dem Bedarf ist, daß die ER-Flüssigkeits-Vorrichtung entweder passiv als Bremse eingesetzt wird, um die Bewegung des Einlaßven-  
 25 tils zu bremsen, wobei diese Bewegung durch bei normaler Arbeitsweise der Pumpe erzeugte Kräfte hervorgerufen wird oder daß die ER-Flüssigkeits-Vorrichtung aktiv als angetriebene Verstellvorrichtung eingesetzt wird, um die Bewegung des Einlaßventils direkt zu steuern. - Dadurch, daß das

Einlaßventil während des Abflusses oder des Auslaßhubes des Kolbens geöffnet ist, erfolgt kein Abfluß; auf der anderen Seite ist der Abfluß maximal, wenn das Einlaßventil während des gesamten Abflusses oder des Auslaßhubes des  
5 Kolbens geschlossen ist. Bleibt das Einlaßventil nur während eines Teils des Auslaßhubes geöffnet, findet nur der Auslaß bzw. Abfluß eines Teils des Hubvolumens statt.

Vorzugsweise weist die Verdrängerpumpe eine Vielzahl von  
10 Zylindern, z. B. fünf, mit jeweils einem Einlaßventil und einem Auslaßventil auf. Sämtliche Ventile sind vorzugsweise Tellerventile, die jeweils federunterstützt ihre Schließstellung einnehmen und in die Offen-Stellung durch einen Abfall/Anstieg des Druckes verstellbar sind.

15 Die Erfindung wird im folgenden weiter beschrieben und besser verständlich mit Bezug auf die beigefügten Figuren, in welchen

20 Fig. 1 den Zylinderkopf einer konventionellen Kolbenpumpe mit fester Verdrängung zeigt,

Fig. 2A zeigt die Kolbenpositionen,

25 Fig. 2B, 2C und 2D zeigen jeweils den Hydraulikflüssigkeitsdruck am Hydraulikflüssigkeitsein- und -auslaß bei der Kolbenposition nach Fig. 2A und

Fig. 3 bis 6 zeigen jeweils vier Beispiele für den Einsatz von ER-Flüssigkeits-Vorrichtungen, um eine Einlaß-ventilsteuerung zu erreichen.

- 5 In Fig. 1 ist ein Zylinderkopf 1 eines Zylinders 2 einer Mehrzylinderpumpe 3 gezeigt, wobei sich in dem Zylinder 2 ein hin- und herbeweglicher Kolben 4 befindet, mit einem Einlaßventil 5 mit einem Hydraulikflüssigkeitseinlaß 6 und einem Auslaßventil 7 mit einem Hydraulikflüssigkeits-  
10 auslaß 8.

Sobald der Kolben 4 zurückgezogen wird, fällt der Druck der Hydraulikflüssigkeit 9 in der Hubraumkammer 10, und das Einlaßventil 5 öffnet sich und wird gegen die Kraft  
15 der Ventilsfeder bzw. Rückstellfeder 11 in die strichpunkt-  
tiert angedeutete Position verschoben. Sobald sich der Kolben 4 zurückbewegt, schließt sich das Einlaßventil 5, und die Hydraulikflüssigkeit 9 in der Hubraumkammer 10 wird komprimiert. Wenn dieser Druck den Druck im Hydraulik-  
20 flüssigkeitsauslaß 8 überschreitet, wird das Auslaßventil 7 gegen die Kraft der Ventilsfeder 12 geöffnet, und Hydraulikflüssigkeit 9 wird aus der Hubraumkammer 10 in den Hydraulikflüssigkeitsauslaß 8 und darüber hinaus ausgestoßen. Sobald der Kolben 4 den Totpunkt erreicht, schließt  
25 sich das Auslaßventil 7 durch den Einfluß der Ventilsfeder 12 wiederum und der Zyklus wird wiederholt. Bei Hin- und Herbewegen des Kolbens 4 fließt Hydraulikflüssigkeit 9 wechselweise durch den Hydraulikflüssigkeitseinlaß 6 und -auslaß 8. Dies ist in Fig. 2B gezeigt. Der Abfluß ist

in diesem Fall der maximal mögliche für eine bestimmte Verdrängerpumpe und -geschwindigkeit.

Erfindungsgemäß wird jedoch die Stellung des Einlaßventiles  
5 5 positiv gesteuert, im Gegensatz zur konventionellen Vorgehensweise, wonach das Einlaßventil 5 entweder geöffnet oder geschlossen ist, in Abhängigkeit von den Hydraulikflüssigkeitsdrücken, welche auf das Einlaßventil 5 und/oder seine Ventildfeder 11 einwirken. Verschiedene Mittel zum  
10 Erreichen einer Positionssteuerung des Einlaßventiles 5 werden später mit Bezug auf die Fig. 3 bis 6 beschrieben, wobei im Prinzip, falls kein Abfluß gefordert wird (was einer Null-Forderung gleichkommt), das Einlaßventil 5 die gesamte Zeit geöffnet ist und der hin- und herbewegliche  
15 Kolben 4 nur einen Hin- und Herfluß von Hydraulikflüssigkeit 9 in dem Niederdruck-Hydraulikflüssigkeitseinlaß 6 erzeugt. Abgesehen von der Ventildfeder 11 würde die Kraft, das Einlaßventil 5 zu schließen, in diesem Fall gering sein, da der Druckabfall im Bereich des Einlaßventiles 5 klein sein  
20 würde. Die einzigen Energieverluste würden sich nur durch die Viskosität ergeben. Der Hydraulikflüssigkeitsdruck innerhalb der Hubraumkammer 10 würde gering bleiben, zu klein, um das Auslaßventil 7 zu öffnen, so daß der Abfluß in den Hydraulikflüssigkeitsauslaß 8 und darüber hinaus  
25 null sein würde.

Falls dann ein Teil des maximalen Abflusses gefordert wäre, würde das Einlaßventil 5 während eines ausgewählten Teiles des Auslaßhubes des Kolbens 4 geöffnet bleiben und bei

entsprechendem Lösen geschlossen werden. Ein Teil der Hydraulikflüssigkeit 9, welche sich anfangs in der Hubraumkammer 10 befindet, würde durch den Hydraulikflüssigkeitseinlaß 6, wie zuvor beschrieben, ausgestoßen, wobei jedoch, 5 sobald das Einlaßventil 5 einmal geschlossen ist, der zurückbleibende Teil der Hydraulikflüssigkeit 9 innerhalb der Hubraumkammer 10 normal durch den Hydraulikflüssigkeitsauslaß 8 fließen würde. Der Netto-Abfluß würde sich deshalb zwischen dem maximalen und Null-Abfluß bewegen, wobei der 10 exakte Betrag davon abhängt, wie der verbleibende Auslaßhub bemessen ist, wenn das Einlaßventil 5 geschlossen wird. Die Fig. 2C und 2D zeigen die beobachteten Hydraulikflüsse am Hydraulikflüssigkeitseinlaß 6 (I/P) und Hydraulikflüssigkeitsauslaß 8 (O/P) bei jeweils "High"- und "Low"-Abflüssen. 15 Es sollte betont werden, daß die Energieverluste klein sind, da der "Überschuß"-Abfluß in den Niederdruck-Hydraulikflüssigkeitseinlaß 6 ausgestoßen wird.

Auf diese Weise kann der Abfluß einer Verdrängerpumpe zwischen null und dem maximalen Hubraumvolumen variiert werden, 20 einfach durch Anwendung relativ kleiner Kräfte am Einlaßventil 5 und durch die erfindungsgemäße Steuerung von dessen Position, wobei die Phasenbeziehung zwischen diesen Kräften und der Kolbenstellung variiert wird.

25 Das Einlaßventil 5 wird durch den Einsatz von Elektro-Rheologischen (ER) Flüssigkeiten gesteuert. Im Kern sind ER-Flüssigkeiten konzentrierte, feinverteilte Lösungen von geeigneten Festkörpern in einer ölhaltigen Flüssigkeit.



Normalerweise verhalten sich ER-Flüssigkeiten ähnlich wie gewöhnliche Öle, wobei sich allerdings ihr Fließverhalten in das eines Bingham'schen Körpers verändert, sobald sie einem elektrischen Feld ausgesetzt sind, die Fließfestigkeit  
5 hängt von der elektrischen Feld-Stärke ab. Sobald das elektrische Feld entfernt ist, kehrt die ER-Flüssigkeit in ihren ursprünglichen Flüssigkeitszustand zurück. ER-Flüssigkeiten sind insbesondere für diese Anwendung geeignet, da

10

a) ER-Flüssigkeitsvorrichtungen einfach sind und tatsächlich keine Präzisionsbearbeitung erfordern, so daß sie billig zu fertigen sind.

15

b) Obwohl hohe Spannungen erforderlich sind, sind die Stromstärken moderat, so daß die Steuerungssignale direkt von Festkörperelektroniken erzeugt werden können.

20

c) Das Ansprechverhalten von ER-Flüssigkeiten ist in der Tat sehr schnell.

In dem in der Fig. 3 gezeigten Beispiel ist tatsächlich die komplette "konventionelle" Verdrängerpumpe unverändert,  
25 wobei allerdings ein kleiner ER-Puffer 13 zu dem Einlaßventil 5 hinzugefügt ist. Dieser ER-Puffer 13 besteht aus zwei Hauptteilen, nämlich einem Kolben 14, der an dem Ventilschaft 15 des Einlaßventils 5 angebracht ist, und einer Buchse bzw. Hülse 16, die mittels isolierender End-Platten

18 mit Dichtungen 19 konzentrisch zum zylindrischen Gehäuse 17 des Einlaßventils 5 und zum Kolben 14 gehalten ist. Der Ringspalt 20 zwischen dem Kolben 14 und der Buchse 16 sowie der Ringspalt 21 zwischen der Buchse 16 und dem 5 Gehäuse 17 sind jeweils einen Millimeter breit. Der gesamte ER-Puffer 13 ist mit ER-Flüssigkeit 22 gefüllt. Eine externe Ausgleichsleitung 23 ist zum Druckausgleich zwischen den jeweiligen Enden des Ventilschaftes 15 vorgesehen.

- 10 Wenn sich der Ventilschaft 15 hin- und herbewegt, wird ER-Flüssigkeit 22 von einem Ende des ER-Puffers 13 zum anderen Ende bewegt und passiert die Ringspalte 20 und 21, welche sich jeweils zwischen dem Kolben 14 und der Buchse 16 und zwischen der Buchse 16 und dem Gehäuse 17 15 befinden. Der Kolben 14 ist mit dem Gehäuse 17 über die Ventilsfeder 11 verbunden, wobei sich beide auf Erdpotential befinden. Demzufolge wird die ER-Flüssigkeit 22 in den Ringspalten 20, 21 verfestigt, wenn eine Hochspannung an die Buchse 16 über das Hochspannungskabel angelegt wird. 20 Dies verhindert einen weiteren Fluß der ER-Flüssigkeit 22 und eine weitere Bewegung des Ventilschaftes 15 so lange, bis das elektrische Feld entfernt wird.

Diese Anordnung erzeugt große Kräfte, um die Bewegung zu 25 verhindern, im Vergleich zu der benötigten elektrischen Steuerenergie. Bei nicht anliegendem elektrischen Feld verhält sie sich wie ein gewöhnliches viskoses Dämpfungsglied. Dies mag ein Vorteil sein oder auch nicht, abhängig von den Umständen.

Die in Fig. 4 exemplarisch gezeigte grundsätzliche Anordnung ist ähnlich der in der Fig. 3 gezeigten, wobei jedoch der ER-Puffer 13a aus rohrförmigen Platten 24 zusammengesetzt ist, die an dem Ventilschaft 15 angebracht, in festgelegter  
5 Stellung zueinander geschichtet bzw. distanziert und folglich gleichermaßen beweglich sind. Zusätzlich sind rohrförmige Platten 25 vorgesehen, die an einer unteren isolierenden End-Platte 18 durch Einsetzen in diese End-Platte 18 fest angebracht sind. Die Platten 24 sind durch  
10 die Ventilfeeder 11 des Einlaßventils 5 auf Erdpotential gehalten, während die festen rohrförmigen Platten 25 an eine Hochspannung angeschlossen sind. Eine an die festen Platten 25 angelegte Hochspannung verfestigt die ER-Flüssigkeit 22 zwischen diesen Platten 25 und den beweglichen  
15 geendeten rohrförmigen Platten 24, so daß die gesamte Anordnung sich in der gleichen Weise wie eine Linearreibungsbremse verhält, bis die Hochspannung abgeschaltet wird.

Diese Anordnung erfordert eine größere elektrische Eingangs-  
20 energie als die in der Fig. 3 gezeigte Anordnung, um eine gegebene Reibungskraft zu erzeugen. Auf der anderen Seite ist die Dämpfung geringer, wenn kein elektrisches Feld angelegt ist. Es ist offensichtlich, daß, sobald das Einlaß-  
25 ventil 5 schließt, sich die beiden Sätze von Platten 24, 25 stärker überlappen und der Bremseffekt verstärkt wird. Dieses kann in manchen Situationen vorteilhaft eingesetzt werden.

In dem in der Fig. 5 gezeigten Beispiel wird die ER-Flüssigkeit 22 in einer ganz anderen Art benutzt, als dies in den Fig. 3 und 4 der Fall ist, und zwar derart, daß die Kraft, welche den Ventilschaft 15 bewegt, senkrecht zum elektrischen Feld angreift, so daß die ER-Flüssigkeit 22 in Scherung arbeitet. Jedoch widersetzt sich die ER-Flüssigkeit 22 ebenso Kräften, welche parallel zum elektrischen Feld wirken. Die Hauptbeschränkung besteht hier darin, daß die nutzbare Bewegung durch den maximalen Abstand zwischen den Elektroden begrenzt ist, welcher seinerseits durch die maximale Arbeitsspannung limitiert ist. Das Verhalten von ER-Flüssigkeiten 22, welche "in Druckbeaufschlagung" benutzt werden, unterscheidet sich von dem Verhalten derselben ER-Flüssigkeiten 22, welche "in Scher"-Beanspruchung eingesetzt werden, und zwar unter mehreren Aspekten, wobei im allgemeinen viel größere Kräfte bei gegebener elektrischer Eingangsenergie erzeugt werden können, wenn mit Druckbeaufschlagung gearbeitet wird, im Gegensatz zu einer "Scher"-Beaufschlagung.

Die Bewegungsfreiheit ist bei dieser speziellen Anordnung begrenzt, so daß es vernünftig ist, ER-Flüssigkeiten 22 in Druckbeaufschlagung einzusetzen. Diese Anwendung erlaubt es, kleinere Elektroden vorzusehen. Die geringe Bewegungsfreiheit und einfache Konstruktion führt zu weiteren Vereinfachungen dergestalt, daß die gesamte ER-Flüssigkeits-Vorrichtung auf eine abgedichtete flexible Gummikapsel 26 mit oberseitiger Metallplatte 27 und unterseitiger Vielfachplatte 28 reduziert werden kann. Sobald eine Spannung über

den Hochspannungsanschluß an die Vielfachplatte bzw. Metallplatte 28 angelegt wird, verhindert die Gummikapsel 26 eine Kompression; ohne Spannung können die beiden Metallplatten 27, 28 leicht zusammengepreßt werden. Da die ER-  
5 Flüssigkeit 22 vollkommen innerhalb der Gummikapsel 26 eingeschlossen ist, sind Gleitdichtungen nicht erforderlich, und eine Ausgleichsleitung zur Druckentlastung wie in den Fig. 3 und 4 kann entfallen. In Fig. 5 ist das durch eine einzige Gummikapsel 26 erlaubte Bewegungsspiel übertrieben  
10 dargestellt; in der Praxis ist das Bewegungsspiel kleiner. Als Alternative können deshalb zwei oder mehrere Gummikapseln 26 in Reihe eingesetzt werden.

Während die Ausführungsformen in den Fig. 3 bis 5 eine  
15 ER-Flüssigkeit 22 zeigen, welche das Einlaßventil 5 bremst und damit den normalen Fließkräften widersteht, wie sie mit der Verdrängerpumpe 3 erzeugt werden, ist die Erfindung hierauf nicht beschränkt, und Fig. 6 zeigt eine Vorrichtung, bei der die ER-Flüssigkeit 22 aktiv eingesetzt wird, um  
20 das Einlaßventil 5 einzustellen.

In Fig. 6 ist eine Hilfsstange 29 an den Kolben 4 angeschlossen und durch eine abgedichtete Führung 30 zur Betätigung eines zweiten Kolbens 31 in einem zweiten, mit ER-Flüssigkeit 22 gefüllten Zylinder 32 hindurchgeführt. Um das  
25 ER-Flüssigkeits-Volumen konstant zu halten, tritt die Hilfsstange 29 durch eine zweite Dichtung 33 hervor. Sobald sich der Kolben 4 abwärtsbewegt, tritt die ER-Flüssigkeit 22 durch einen Kanal 34 und durch einen Ringspalt 35 zwi-

schen einem Metallzylinder 36 und dem Gehäuse 17 des Einlaß-  
 ventils 5 hindurch. Der Metallzylinder 36 ist an einem  
 Rohr 37 befestigt, welches einen Teil des Ventilschaftes  
 15 des Einlaßventiles 5 bildet und sich in isolierenden,  
 5 abgedichteten Führungen 38 und 39 bewegt. Da das Gehäuse  
 17 des Einlaßventils 5 auf Erdpotential liegt und eine  
 Hochspannung von der Hochspannungszufuhr an das Rohr 37  
 über die Ventilsfeder bzw. Rückhaltefeder 11 des Einlaß-  
 ventils 5 angelegt ist, wird die ER-Flüssigkeit 22 in dem  
 10 Ringspalt 35 verfestigt und auf diese Weise der Druck ober-  
 halb des Metallzylinders 36 erhöht. Dadurch wird das Einlaß-  
 ventil 5 geschlossen. Die durch den Metallzylinder 36  
 geführte ER-Flüssigkeit 22 tritt in das Rohr 37 über radiale  
 Öffnungen 40 ein und fließt in dem Rohr 37 aufwärts, bis  
 15 sie durch einen zweiten Satz von radialen Öffnungen 41  
 austritt. Dann tritt sie durch einen zweiten Ringspalt  
 42 zwischen einem Plastikzylinder 43 und dem Gehäuse 17  
 des Einlaßventils 5 hindurch, bevor die ER-Flüssigkeit  
 22 in den zweiten Zylinder 32 durch einen weiteren Kanal  
 20 44 eintritt. Eine abgedichtete Führung 45 trennt die ER-  
 Flüssigkeit 22 von der Hydraulikflüssigkeit 9, z. B. Öl,  
 in der Verdrängerpumpe 3 ab.

Der Plastikzylinder 43 gleicht den Druckabfall bei nicht  
 25 vorhandenem elektrischen Feld in dem "Arbeitsspalt" bzw.  
 Ringspalt 35 zwischen dem Metallzylinder 36 und dem Gehäuse  
 17 des Einlaßventils 5 aus. Da der Fluß an ER-Flüssigkeit  
 22 sich umkehrt, sobald der Kolben 4 seine Richtung ändert,  
 wird sich das Einlaßventil 5 schließen, wenn sich der Kolben

4 abwärtsbewegt und öffnen, wenn sich der Kolben 4 aufwärts zurückzieht, und zwar so lange, wie die Spannung mit der Hochspannung verbunden ist. Wenn die Spannung abgeschaltet wird, bleibt das Einlaßventil 5 jedoch für die ganze Zeit 5 geöffnet.

Diese grundsätzliche Vorrichtung kann in vielfacher Weise modifiziert werden. Dadurch, daß der zweite Zylinder 43 aus Metall gefertigt und mit einer zweiten Hochspannungs-  
10 verbindung versehen wird, kann das Einlaßventil 5 in jede Richtung bewegt werden. Obwohl es unter Umständen sehr vorteilhaft ist, den Fluß von ER-Flüssigkeit 22 durch die Bewegung des Kolbens 4 zu erzeugen, ist es unter anderen Umständen möglicherweise effizienter, eine separate Pumpe  
15 zu verwenden. Gleichermäßen werden Tellerventile vielfach bei Hochdruckanwendungen eingesetzt, da sie ausgezeichnet abdichten. Jedoch sind sie für unakzeptable Geräuschentwicklung bei manchen Anwendungen verantwortlich, obgleich der Einsatz von ER-Flüssigkeiten 22 einen programmierbaren  
20 Schließvorgang ermöglicht, und zwar durch langsames Reduzieren der Spannung, anstelle von starkem Reduzieren der Spannung. Bei derartigen Anwendungen mag es wünschenswert sein, die Tellerventile durch einen anderen Typ zu ersetzen, welcher nicht von Fließkräften abhängt, die unvermeidlich  
25 während der Anwendung ansteigen, sobald das Ventil geschlossen wird. Eine "aktive" ER-Ventilsteuerung, wie zuvor beschrieben, würde den Einsatz solcher Ventile erlauben.

Auf diese Weise erlaubt die Erfindung generell die Verwirklichung einer variablen Verdrängung bei einer einfachen Verdrängerpumpe mit fester Verdrängung, und zwar durch die Schaffung der Möglichkeit, den Schließvorgang des Einlaßventils zu verzögern und dadurch einen vorgegebenen Teil des Hubraumvolumens der Verdrängerpumpe in den Niederdruckbereich "auszustoßen" und mit einem Blick für das Mögliche den Pumpenausstoß an die Verbrauchieranforderungen anzugleichen und auf diese Weise eine energetisch effiziente Verdrängerpumpe zu schaffen.

Die ER-Flüssigkeiten können eingesetzt werden, um entweder passiv zu wirken,

- a) durch die Benutzung der ER-Flüssigkeit als Bremse, um die Bewegung des Einlaßventils zu behindern, wobei die Bewegung von Kräften herrührt, die durch die normale Arbeitsweise der Verdrängerpumpe erzeugt werden. Diese Bremse kann die ER-Flüssigkeit in einer "Ventil"- , "Kupplungs"- oder "Druck"-Geometrie einsetzen. Die Anwendung ist einfach, begrenzt jedoch die Art der Ventile, welche innerhalb der Verdrängerpumpe eingesetzt werden können.

Oder ER-Flüssigkeiten werden aktiv eingesetzt,

- b) durch Einsatz der ER-Flüssigkeit als angetriebene Verschiebevorrichtung, um die Bewegung des Einlaßventiles direkt zu steuern. Die Energie für diese Vorrichtung oder den Antrieb kann direkt oder auch nicht von der



- 16 -

Verdrängerpumpe zur Verfügung gestellt werden. Diese Anwendung erlaubt eine größere Auswahl von in der Verdrängerpumpe eingesetzten Ventilen.

EP-Patentanmeldung 90908591.2 (0474720)

19. Juli 1993

ER FLUID DEVELOPMENTS LIMITED

Patentansprüche:

1. Regelbare Verdrängerpumpe mit einem hin- und herbeweglichen Kolben in einem Zylinder, mit einem verstellbaren Einlaßventil, welches zur Kontrolle des Zuflusses von Niederdruck-Hydraulikflüssigkeit in den Hubraumbereich von  
5 Kolben und Zylinder eingerichtet ist, und mit einem verstellbaren Auslaßventil, welches zur Kontrolle des Abflusses von Hochdruck-Hydraulikflüssigkeit aus dem Hubraumbereich von Kolben und Zylinder eingerichtet ist, dadurch gekennzeichnet, daß eine ER  
10 (Elektro-Rheologische)-Flüssigkeits-Vorrichtung die Position des Einlaßventils so steuert, daß das Volumen der durch die Verdrängerpumpe geförderten Hydraulikflüssigkeit in Übereinstimmung mit dem Bedarf ist, daß die ER-Flüssigkeits-Vorrichtung entweder passiv als Bremse eingesetzt  
15 wird, um die Bewegung des Einlaßventils zu bremsen, wobei diese Bewegung durch bei normaler Arbeitsweise der Pumpe erzeugte Kräfte hervorgerufen wird, oder daß die ER-Flüssigkeits-Vorrichtung aktiv als angetriebene Verstellvorrichtung eingesetzt wird, um die Bewegung des  
20 Einlaßventils direkt zu steuern.

2. Verdrängerpumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verdrängerpumpe eine Vielzahl von Zylindern mit jeweils einem Einlaßventil und einem Auslaßventil  
25 aufweist.

3. Verdrängerpumpe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Verdrängerpumpe fünf Zylinder aufweist.

4. Verdrängerpumpe nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß sämtliche Ventile Tellerventile sind, die jeweils federunterstützt ihre Schließ-/Offen-Stellung einnehmen und in die Offenstellung durch einen Abfall/Anstieg des Druckes verstellbar sind.

5. Verdrängerpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die ER-Flüssigkeits-Vorrichtung bei passiver Arbeitsweise mit einem ER-Puffer ausgerüstet ist, der aus zwei Hauptteilen besteht, nämlich einem Kolben, der an dem Ventilschaft des Einlaßventils angebracht ist, und einer Buchse, die mittels isolierender End-Platten mit Dichtungen konzentrisch zum zylindrischen Gehäuse des Einlaßventils und zum Kolben gehalten ist, mit einem Ringspalt zwischen dem Kolben und der Hülse und zwischen der Hülse und dem Gehäuse, wobei der gesamte Puffer mit ER-Flüssigkeit gefüllt ist und eine externe Ausgleichsleitung zum Druckausgleich zwischen den jeweiligen Enden des Ventilschaftes sowie Mittel zum Anlegen einer Hochspannung an die Buchse vorgesehen sind.

25

6. Verdrängerpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die ER-Flüssigkeits-Vorrichtung bei passiver Arbeitsweise einen ER-Puffer aufweist, der aus rohrförmigen Platten zusammengesetzt ist, die an dem Ventilschaft angebracht, in festgelegter Stellung

30

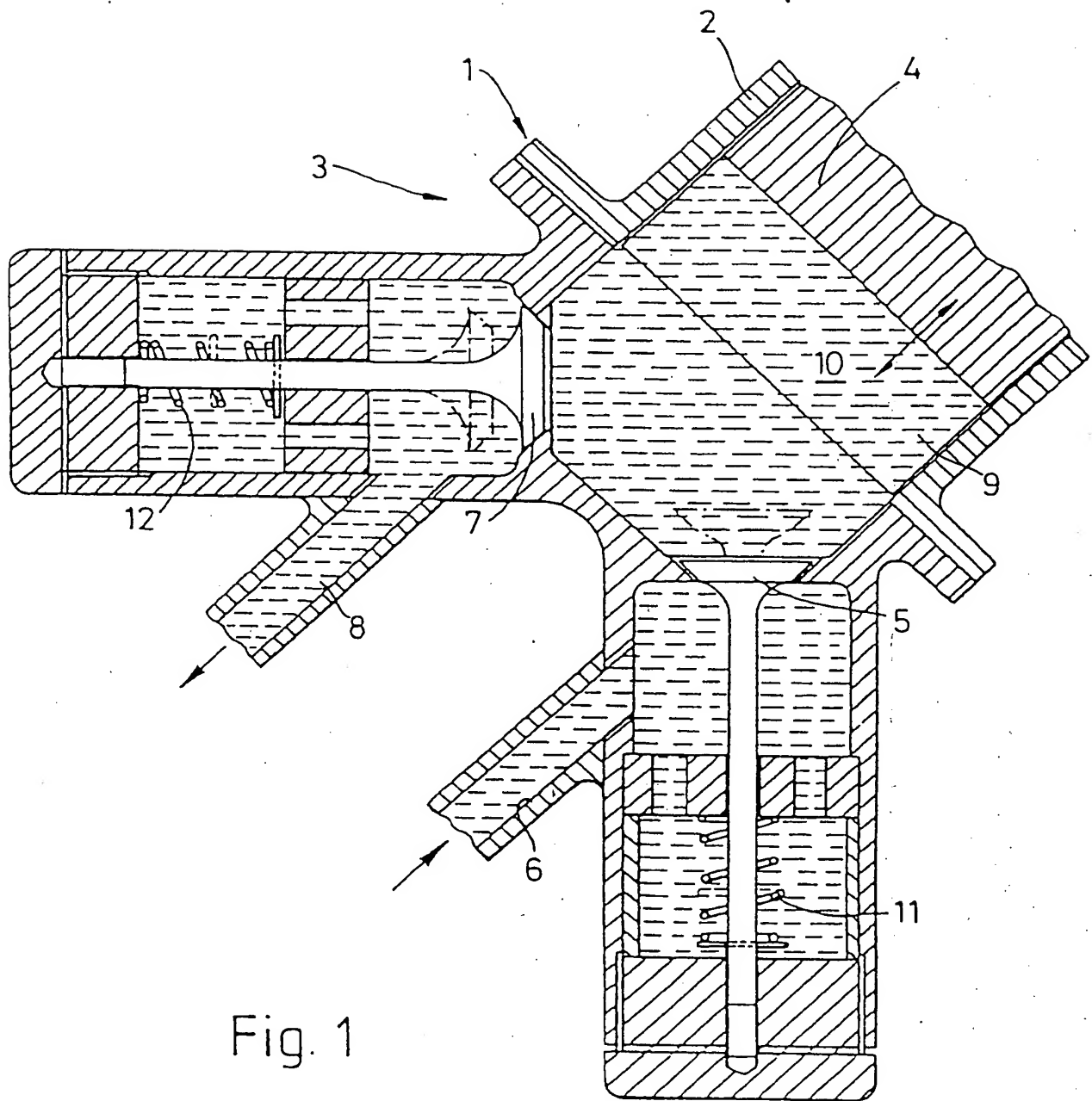
zueinander geschichtet bzw. distanziert und folglich gleichermaßen beweglich sind, daß andere rohrförmige Platten an einer unteren isolierenden End-Platte durch Einsetzen in diese End-Platte fest angebracht sind, und daß die  
5 beweglichen rohrförmigen Platten durch die Rückhaltefeder des Einlaßventils auf Erdpotential gehalten sind, während die festen rohrförmigen Platten an eine Hochspannung angeschlossen sind.

10 7. Verdrängerpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die ER-Flüssigkeits-Vorrichtung bei passiver Arbeitsweise mit einer abgedichteten flexiblen Gummikapsel mit ober- und unterseitiger Metallplatte und mit Mitteln zum Anlegen einer Spannung an die  
15 unterseitige Metallplatte ausgerüstet ist.

8. Verdrängerpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die ER-Flüssigkeits-Vorrichtung bei aktiver Arbeitsweise mit einer Hilfsstange ausgerüstet ist, die an den Kolben angeschlossen ist und durch  
20 eine abgedichtete Führung zur Betätigung eines zweiten Kolbens in einem zweiten mit ER-Flüssigkeit gefüllten Zylinder hindurchgeführt ist, daß die Hilfsstange, um das ER-Flüssigkeits-Volumen konstant zu halten, durch eine  
25 zweite Dichtung hervortritt, wobei die ER-Flüssigkeit durch einen Kanal und durch einen Ringspalt zwischen einem Metallzylinder und dem Gehäuse des Einlaßventils hindurchtritt, daß der Metallzylinder an einem Rohr befestigt ist, welches einen Teil des Ventilschaftes des Einlaßventils  
30 bildet, daß der Metallzylinder in isolierenden abgedich-

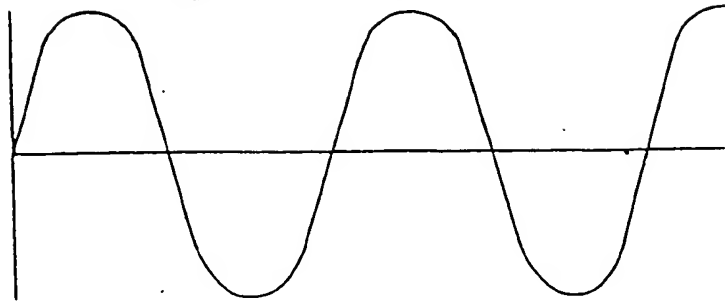
teten Führungen beweglich ist, wobei das Gehäuse des Einlaßventils auf Erdpotential liegt und eine Spannung an das Rohr über die Rückhaltefeder des Einlaßventils angelegt ist, um die ER-Flüssigkeit in dem Ringspalt zwischen dem Metallzylinder und dem Gehäuse des Einlaßventils zu verfestigen und auf diese Weise den Druck oberhalb des Metallzylinders zu erhöhen, und dadurch das Einlaßventil mit Hilfe der ER-Flüssigkeit zu schließen, daß die durch den Metallzylinder geführte ER-Flüssigkeit in das Rohr über radiale Öffnungen eintritt und in dem Rohr aufwärts fließt, bis sie durch einen zweiten Satz von radialen Öffnungen austritt und dann durch einen zweiten Ringspalt zwischen einem Plastikzylinder und dem Gehäuse des Einlaßventils hindurchtritt, bevor die ER-Flüssigkeit in den zweiten Zylinder durch einen weiteren Kanal auf der anderen Seite des zweiten Kolbens wieder eintritt, und daß eine abdichtende Führung die ER-Flüssigkeit von der Flüssigkeit in der Pumpe, z. B. Öl, abtrennt, während der Plastikzylinder den Druckabfall bei nicht vorhandenem elektrischen Feld in dem "Arbeitsspalt" zwischen dem Metallzylinder und dem Gehäuse des Einlaßventils ausgleicht.

1/6



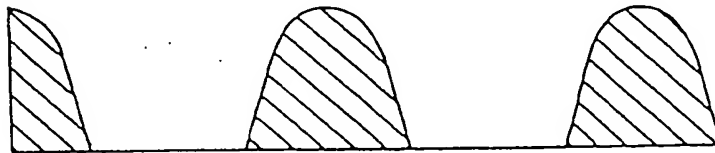
216

A



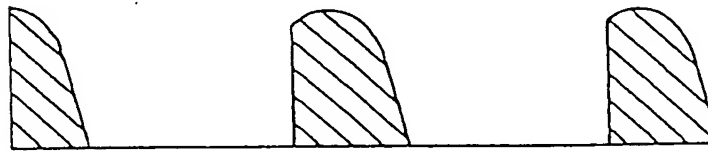
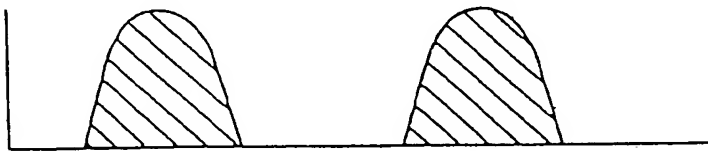
Piston position

B

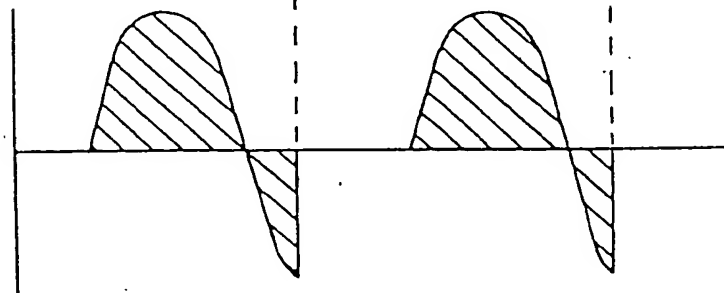


O/P  
Maximum

C



O/P  
High

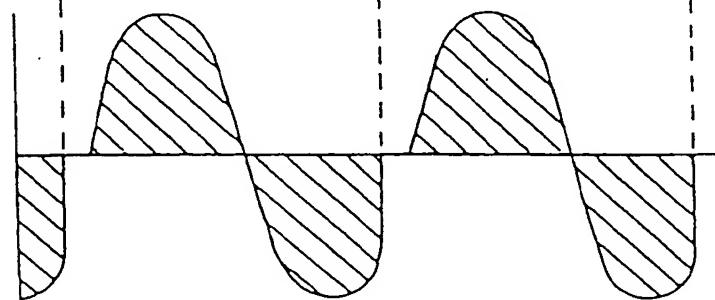


I/P

D



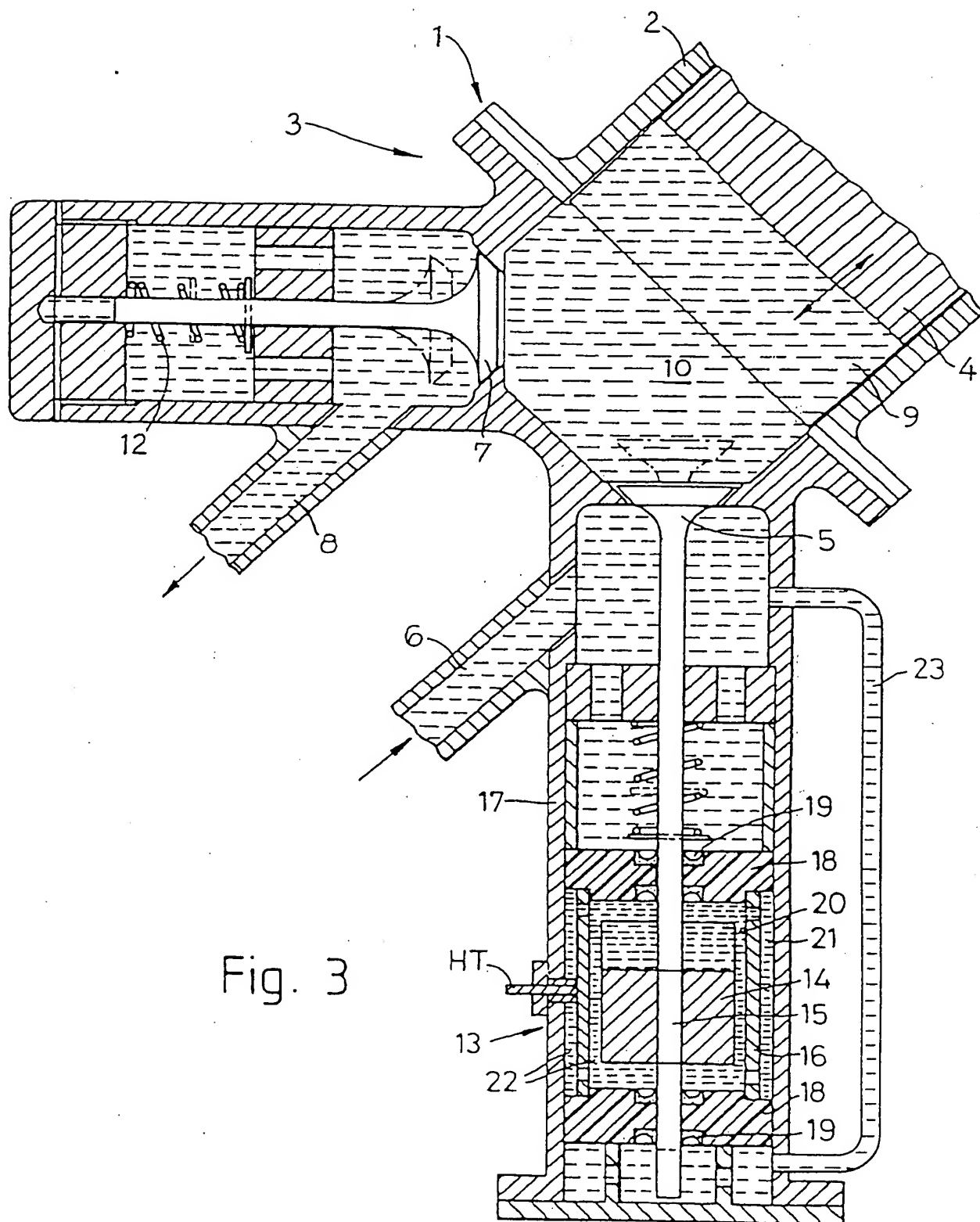
O/P  
Low



I/P

Fig. 2

3/6





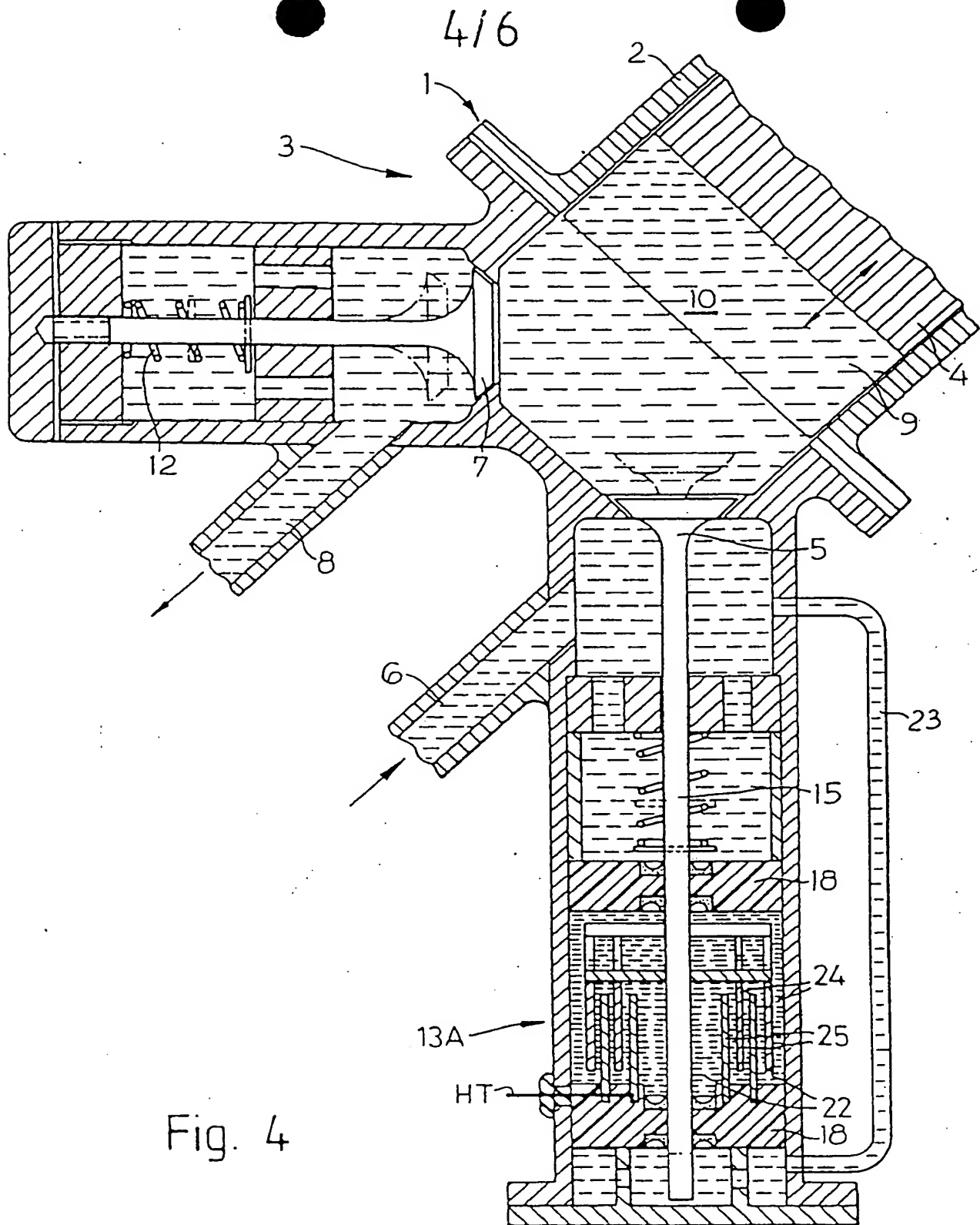


Fig. 4

5/6

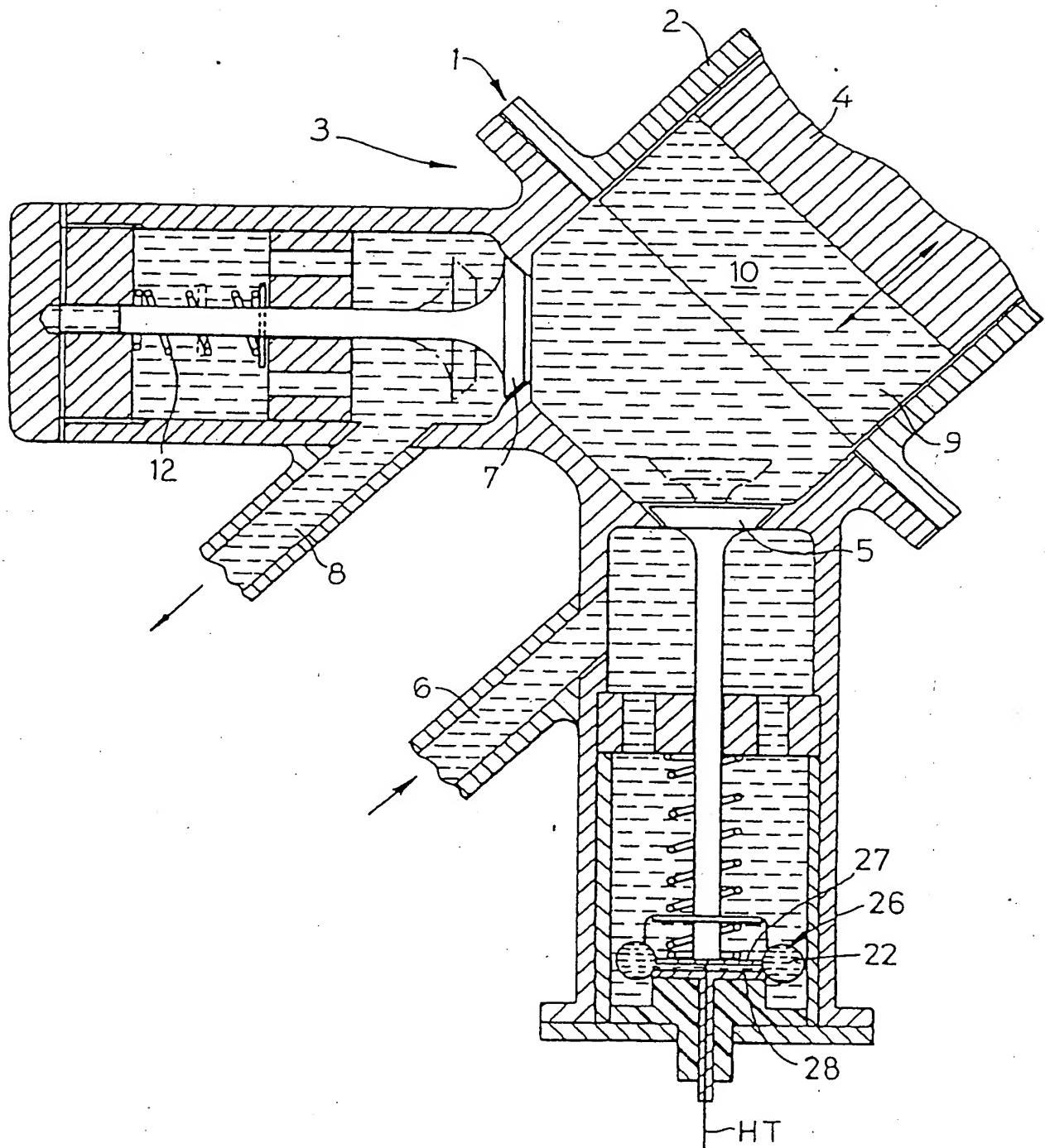
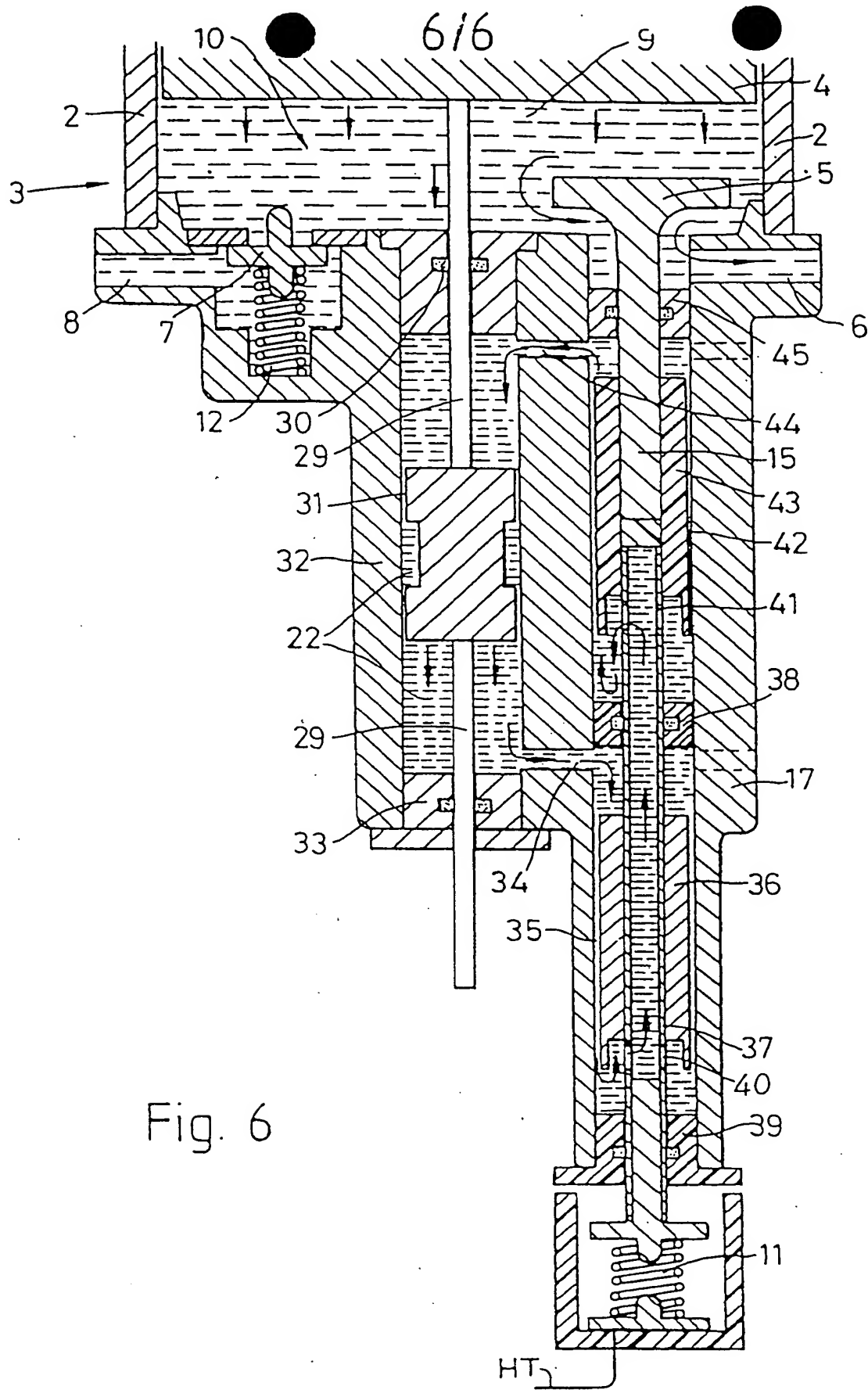


Fig. 5



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**